

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ ΜΕ ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ

Πασχάλης Γκογκούδης
Δ/ντής Τεχνικής Υποστήριξης, Polykem

Λέξεις κλειδιά: Kelyfos, Εξωτερική Θερμομόνωση, Εξηλασμένη Πολυστερίνη, Εξοικονόμηση Ενέργειας, Θερμογέφυρα, ETAG004, EOTA

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι επιδιώξεις για εξοικονόμηση ενέργειας έχουν γίνει πλέον συνειδητή επιλογή σε κάθε τομέα της ζωής, από τις ηλεκτρικές συσκευές και τα μέσα μαζικής μεταφοράς μέχρι τον κατασκευαστικό τομέα. Σε πολλές χώρες υπάρχουν συγκεκριμένα νομοθετικά μέτρα, τα οποία αποβλέπουν στην εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και στη μείωση των συνολικά. Μελέτες έχουν δείξει ότι στην Ευρώπη ο κτιριακός τομέας καταναλώνει περίπου 40% της συνολικής ενέργειας εκτοπίζοντας τη βιομηχανία και τις μεταφορές από την πρώτη θέση και συμβάλει στο 45% εκπομπής CO₂, οπότε η σωστή διαχείριση ενέργειας αποκτά ιδιαίτερη σημασία. Από τον Ιανουάριο του 2006 έχει, άλλωστε, τεθεί σε εφαρμογή η σχετική οδηγία 2002/91/EC για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Στην παρούσα εισήγηση γίνεται αναφορά στο τι σημαίνει ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου και στους τρόπους επέμβασης στο κτίριο (τόσο στο νέο όσο και στο υφιστάμενο) για την αύξηση της ενεργειακής του απόδοσης, με εστίαση στην εξωτερική θερμομόνωση με σύστημα μόνωσης εξηλασμένης πολυστερίνης (XPS) Kelyfos. Γίνεται αναφορά στα επιμέρους υλικών που αποτελούν το σύστημα, στον τρόπο εφαρμογής του, στις απαραίτητες εργαστηριακές δοκιμές που απαιτούνται για την πιστοποίηση του από τον EOTA¹ με βάση την ευρωπαϊκή τεχνική προδιαγραφή ETAG004², στο ενεργειακό όφελος και στα πλεονεκτήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης έναντι άλλων λύσεων (πχ. ενδιάμεση μόνωση σε δικέλυφη τοιχοποιία).

¹ EOTA – European Organisation of Technical Approval

² ETAG004 – Guideline for European technical approval of External Thermal Insulation Composite Systems with External Renderings

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ανάγκη Θερμομόνωσης Κτιρίου

Ο σχεδιασμός ενός κτιρίου πρέπει να στοχεύει στην παροχή συνθηκών άνεσης στους ενοίκους ανεξάρτητα από τις επικρατούσες εξωτερικές συνθήκες. Αυτό σημαίνει, ότι μία καλή μόνωση πρέπει να εξασφαλίζει τουλάχιστον:

- την υγιεινή, άνετη κι ευχάριστη διαβίωση στους ενοίκους, χωρίς να διαταράσσεται το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος με ακραίες θερμικές αλληλοεπιδράσεις κρύου η ζέστης ανάμεσα σε αυτό και στον περιβάλλοντα χώρο
- Την οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας με την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών του εσωτερικού χώρου

1.2 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Θερμικές απώλειες σε ένα κτίριο προκαλούνται από τη μετάδοση θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα η προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους η/και αντίστροφα. Με τη θερμομόνωση ενός κτιρίου επιδιώκεται να μειωθεί ο χρόνος(ταχύτητα) ανταλλαγής της θερμότητας μέσα από τα τοιχώματα. Η θερμική διαφορά εσωτερικών και εξωτερικών χώρων, τείνει να εξισορροπηθεί και σύμφωνα με την γενική εξίσωση θερμικής ροής³, όταν υπάρχει μία επιφάνεια με διαφορά θερμοκρασίας σε κάθε πλευρά, η Θερμική ροή (Q) μέσα από το στοιχείο (επιφάνεια) δίνεται από το γινόμενο, της επιφάνειας (F), τη διαφορά θερμοκρασίας (ΔT), και το συντελεστή θερμοπερατότητας (k).

$Q = k F \Delta T \text{ (W)}$	(1.2.1)
--------------------------------	---------

Οπότε το ενεργειακό φορτίο που προστίθεται σε ένα κτίριο (θέρμανση / ψύξη), αποσκοπεί στην αναπλήρωση των θερμικών φορτίων που διαφεύγουν. Από την εξίσωση (1.2.1) προκύπτει, ότι για χαμηλότερες τιμές

³ Η γενική εξίσωση περιλαμβάνει θερμική ροή λόγω αγωγιμότητας και μεταφοράς (conductive and convective)

του k , (για σταθερή επιφάνεια και διαφορά θερμοκρασίας), συνεπάγεται χαμηλότερη διαφυγή θερμικών φορτίων και συνεπώς λιγότερη δαπανώμενη ενέργεια για τη διατήρηση της διαφοράς θερμοκρασίας.

Στις μελέτες Θερμομόνωσης, χρησιμοποιείται ο συντελεστής αντίστασης θερμοπερατότητας, που ορίζεται ως το αντίστροφο του k , ($1/k$), και εξαρτάται άμεσα από τον συντελεστή αντίστασης θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$), ο οποίος συντελεστής εξαρτάται από τις ιδιότητες των βασικών υλικών που συνθέτουν μία κατασκευή θερμομόνωσης, δηλαδή

- Τη θερμική τους αγωγιμότητα (Συντελεστής λ)
- Τη περιεκτικότητά τους σε υγρασία και
- Το πάχος τους

Η σχέση μεταξύ των δύο συντελεστών δίνεται από τη παρακάτω εξίσωση

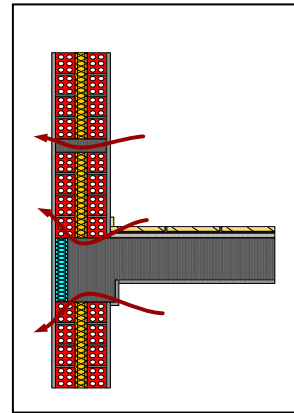
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_\alpha} \quad \text{σε} \quad \text{m}^2\text{h} / \text{W} \text{ (παλιότερα σε } ^\circ\text{C/kcal)} \quad (1.2.2)$$

Όπου α_i συντελεστής θερμικής μετάβασης μεταξύ εσωτερικού αέρα και δομικού υλικού και

α_α , συντελεστής θερμικής μετάβασης μεταξύ εξωτερικού αέρα και δομικού υλικού

1.3 ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΕΣ

Εκτός από τα δομικά υλικά που απαρτίζουν το οικοδόμημα, και που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη θερμική του συμπεριφορά, ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό της κατασκευής είναι οι θερμογέφυρες. Θερμογέφυρες καλούνται σημεία ή τμήματα του κτιριακού κελύφους με σημαντική μείωση της θερμικής αντίστασης των δομικών στοιχείων και είναι σημαντική πηγή θερμικών απωλειών. Εμφανίζονται στη διεπιφάνεια δύο διαφορετικών δομικών στοιχείων ή δύο ίδιων δομικών στοιχείων διαφορετικού πάχους. Σε συνδέσεις εξωτερικών δομικών στοιχείων και πλευρικά γύρω από ανοίγματα. (Βλέπε εικόνα 1.)



Εικόνα 1. Ροή θερμότητας από θερμογέφυρα

Μελέτη έχει δείξει⁴, ότι σε ένα μονωμένο κτίριο, με παραδοσιακή ενδιάμεση μόνωση (δικέλυφη κατασκευή), οι απώλειες λόγω των θερμογεφυρών μπορούν να φτάσουν μέχρι το 30%, σε σύγκριση κτιρίου χωρίς θερμογέφυρες (ή με τις θερμογέφυρες μονωμένες).

2. ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ Kelyfos

Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες στις οποίες μπορεί να γίνει αναφορά σχετικά με τη μόνωση. Είναι τα αμόνωτα κτίρια. Τα κτίρια με παραδοσιακή ενδιάμεση μόνωση και δικέλυφη κατασκευή και τα κτίρια με εξωτερική θερμομόνωση, με μονή ή δικέλυφη κατασκευή τοιχοποιίας. Η κατηγορία

⁴ Papadopoulos A.M., Oxizidis S., Papathanasiou L. (2008), Developing a new library of materials and structural elements for the simulative evaluation of buildings' energy performance, Building and Environment, 43, 5, 710-719

της εξωτερικής θερμομόνωσης θα αναπτυχθεί στη συνέχεια, καθώς αποτελεί την πιο αποτελεσματική μόνωση κτιρίων⁵.

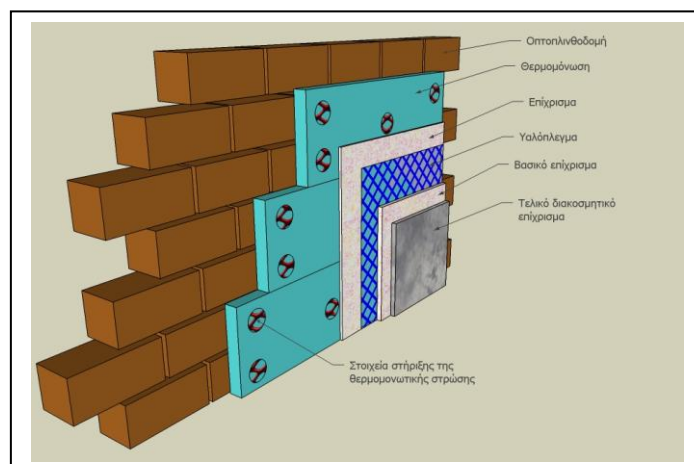
2.1 ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ KELYFOS

Το Kelyfos⁶ είναι ένα επικολλούμενο σύστημα πολλαπλών στρώσεων με προαιρετική μηχανική στερέωση που αποτελείται από,

1. Ινοοπλισμένη, τσιμεντοειδούς βάσης κόλλα, ενισχυμένη με πολυμερή συστατικά (ρητίνες), τύπου Kelyfos Thermo της Isomat, σε κατανάλωση 2,0 – 4,0 kg/m², αναλόγως του υποστρώματος.
2. Θερμομονωτικές πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης, (συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$), διαστάσεων 600x1250mm και πάχη 30-60mm, τύπου Styrofoam IB-SL της εταιρίας Dow, με περιμετρική διαμόρφωση ακμών (πατούρα). (Συμμόρφωση κατά EN 13164)
3. Βύσματα τύπου Kelyfos IDK-T 8/60 x 115 και TID-K 8/60 x 115
4. Αντιαλκαλικό υαλόπλεγμα ενίσχυσης, βάρους 161 gr/m², $\pm 10 \%$ κατά DIN 53854, τύπου Kelyfos της Polykem, 100cm με άνοιγμα καρέ 3,5 x 4,0 mm.
5. Τελικό επίχρισμα έτοιμου σοβά τσιμεντοειδούς η ακρυλικής βάσης με διάφορες κοκκομετρίες αδρανών (για λεία η αδρή επιφάνεια), ενισχυμένου με ρητίνες, λευκού ή έγχρωμου, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της μελέτης, σε καταναλώσεις που κυμαίνονται από 1,8kg/m²/3mm έως 5kg/m²/3mm πάχος επιχρίσματος ανάλογα με τη κοκκομετρία που προβλέπει η μελέτη.
6. Παρελκόμενα του συστήματος όπως, σταθερά και εύκαμπτα γωνιόκρανα (από PVC με υαλόπλεγμα), για ενίσχυση των ακμών. Ενισχυτικά τεμάχια ανοιγμάτων και ειδικά τεμάχια εξηλασμένης πολυστερίνης για τις εξωτερικές γωνίες και δομικά ανοίγματα.

⁵ Papadopoulos A.M., Oxizidis S., Papandritsas G. (2008), Energy, economic and environmental performance of heating systems used in Greek buildings, Energy and Buildings, 40, 224-230

⁶ Το Kelyfos αποτελεί Εμπορική ονομασία του συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης με εξηλασμένη πολυστερίνη (DOW) της εταιρίας Polykem



Εικόνα 2. Επίπεδα στρώσεων Εξωτερικής Θερμομόνωσης Kelyfos

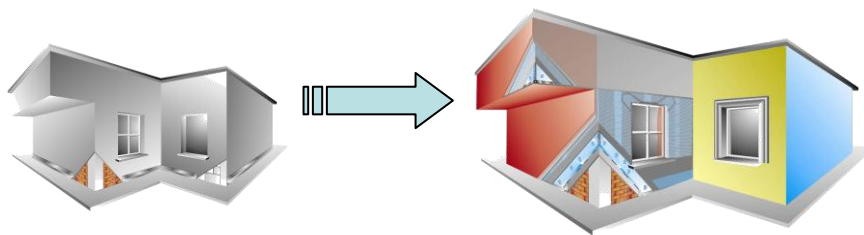


Εικόνα 3. Παρελκόμενα συστήματος Kelyfos

Η έννοια *σύστημα* χρήζει ιδιαίτερης προσοχής, καθώς το κάθε παρελκόμενο από το οποίο αποτελείται το σύστημα έχει μελετηθεί και σχεδιαστεί για την καλύτερη και αποδοτικότερη συνεργασία του ενός με το άλλο. Η σημασία του συστήματος αποκτά καταληκτική έννοια, κατά τη διαδικασία πιστοποίησης από τον ΕΟΤΑ με βάση της οδηγίας ETAG004, όπως θα αναπτυχθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

2.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ KELYFOS

1. Προετοιμασία της υφιστάμενης επιφάνειας – Καθαρισμός / επισκευή
2. Τοποθέτηση οδηγών στήριξης Αλουμινίου περιμετρικά στη βάση του κτιρίου
3. Προετοιμασία της κόλλας Kelyfos Thermo και εφαρμογή της επάνω στα θερμομονωτικά τεμάχια εξηλασμένης πολυστερίνης (DOW). Στη συνέχεια οι πλάκες τοποθετούνται σταυρωτά (σε διάταξη διακοπτόμενου κατακόρυφου αρμού) και γίνεται επικόλληση στην εξωτερική τοιχοποιία με την ινοπλισμένη, τσιμεντοειδούς βάσης κόλλα Kelyfos Thermo.
4. Μετά την επικόλληση οι πλάκες στερεώνονται μηχανικά με βύσματα (εφόσον απαιτείται, κυρίως σε υφιστάμενα κτίρια) τύπου Kelyfos IDK-T 8/60 x 115 και TID-K 8/60 x 115 σε βάθος αγκύρωσης μεγαλύτερο των 4 cm και κατανάλωση 6 βύσματα ανά m^2 (αυξανόμενο με την αύξηση του ύψους του τοίχου). Οι αρμοί των πλακών πρέπει να μένουν ενωμένοι. Τυχόν κενά πληρούνται με θερμομονωτικό υλικό τύπου Great Stuff Pro της εταιρίας Dow.
5. Επίστρωση βασικού επιχρίσματος τύπου Kelyfos Thermo, με ολίσθηση $\leq 0,5mm$ και πρόσφυση $\geq 2,00 N/mm^2$, σε κατανάλωση $4,5 kg/m^2/3mm$ πάχος επιχρίσματος. Τοποθέτηση υαλοπλέγματος (που αποτελεί τον οπλισμό του συστήματος), ώστε η αλληλοεπικάλυψη στα σημεία ένωσης να είναι τουλάχιστον 10 cm. Το πλέγμα εγκιβωτίζεται μέσα στη στρώση του βασικού επιχρίσματος όσο ακόμη είναι νωπό. Προβλέπεται πρόσθετη ενίσχυση πλέγματος (διπλό πλέγμα) σε σημεία όπως η βάση και γωνίες του κτιρίου καθώς και στις ακμές και γωνίες των ανοιγμάτων με ειδικά ενισχυτικά τεμάχια
6. Εφαρμογή τελικού επιχρίσματος ακρυλικής ή τσιμεντοειδούς βάσης, τις επιλεγμένες κοκκομετρίες και αποχρώσεις.



3. ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΕΛΥΦΟΣ

3.1 Πιστοποίηση

Η πιστοποίηση ενός συστήματος με βάση προδιαγραφή, προϋποθέτει και πιστοποιεί, ότι το συγκεκριμένο σύστημα ακολουθεί τους κανόνες και τις απαιτήσεις οι οποίες αναγράφονται στη προδιαγραφή. Παρέχει ενιαίο και κοινό σύστημα αξιολόγησης, με τις ελάχιστες απαιτήσεις που πρέπει να πληροί το σύστημα για την άρτια συμπεριφορά του στο πεδίο. Ο γνώμονας της άρτιας συμπεριφοράς προκύπτει από την εμπειρία των εφαρμογών αλλά και των τεχνικών απαιτήσεων που συνοδεύουν τη μελέτη του εφαρμοζόμενου συστήματος. Μία προδιαγραφή επανεξετάζεται κατά διαστήματα, και συμπληρώνεται ή τροποποιείται εφόσον οι συνθήκες και παράμετροι κάτω από τις οποίες έχει δημιουργηθεί αλλάξουν.

Στην Ευρώπη ο υπεύθυνος φορέας πιστοποίησης για δομικά υλικά είναι ο EOTA, και περιλαμβάνει τους φορείς έγκρισης που είναι υπεύθυνοι για την έκδοση των ETA⁷. Η ETA για ένα δομικό υλικό είναι η τεχνική αξιολόγηση για την καταλληλότητα του υλικού στην προβλεπόμενη χρήση του, και τη συνεισφορά του στην εκπλήρωση των έξι κύριων απαιτήσεων που αναγράφονται στην ντιρεκτίβα 89/106/EC(CPD).⁸ Οι έξι αυτές απαιτήσεις, αφορούν στη

1. Μηχανική αντίσταση και σταθερότητα
2. Υγιεινή, Υγεία και το Περιβάλλον
3. Πυρασφάλεια
4. Ασφάλεια στη Χρήση
5. Προστασία ηχορύπανσης
6. Εξοικονόμηση Ενέργειας και διατήρηση θερμότητας

Ένα προϊόν για το οποίο έχει εκδοθεί ETA, δύναται να φέρει σήμα συμμόρφωσης CE και να διατίθεται σε οποιοδήποτε κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης με αυτό.⁹

⁷ ETA – European Technical Approval

⁸ Ο EOTA, προέκυψε από το CPD – Construction Products Directive 89/106/EC

⁹ Περισσότερες πληροφορίες για τον EOTA, ETA, CPD μπορούν να βρεθούν στην ηλεκτρονική διεύθυνση www.eota.be

3.2 Διαδικασία Πιστοποίησης

Η προδιαγραφή με την οποία εξετάζεται ένα σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης είναι το ETAG004¹⁰. Η διαδικασία πιστοποίησης με βάση το ETAG004 απαρτίζεται από τρία σκέλη,

1. Το κεφάλαιο 4 της προδιαγραφής προσδιορίζει εκείνα τα στοιχεία της απόδοσης του συστήματος τα οποία πρέπει να εξεταστούν ώστε να ικανοποιούν τις έξι βασικές απαιτήσεις του CPD. Το κεφάλαιο 5 της προδιαγραφής, επεκτείνει τα στοιχεία του κεφαλαίου 4 με πιο ακριβείς ορισμούς και τη διαθέσιμη μεθοδολογία για τη διακρίβωση των ιδιοτήτων του υλικού σε σχέση με τις απαιτήσεις στο πεδίο (υπολογισμούς, δοκιμές, τεχνικές γνώσεις, εμπειρικές γνώσεις κτλ.).
2. Το κεφάλαιο 6, αναλύει τις απαιτήσεις απόδοσης ενός συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης (κεφάλαιο 4), σε συγκεκριμένους και μετρήσιμους ή ποιοτικούς όρους που συσχετίζονται με το προϊόν και την επιδιωκόμενη χρήση του χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία διακρίβωσης(κεφάλαιο 5).
3. Το κεφάλαιο 7, θέτει τις υποθέσεις και υποδείξεις για τον σχεδιασμό, εγκατάσταση και εφαρμογή, συντήρηση και επισκευή κάτω από τα οποία η αξιολόγηση καταλληλότητας σύμφωνα με το ETAG004 μπορεί να ισχύσει.¹¹

3.3 Εργαστηριακές Δοκιμές κατά ETAG004

Οι απαραίτητες δοκιμές κατά ETAG004 οι οποίες οδηγούν στην απόκτηση της ETA, απαιτείται να εκπονηθούν από διαπιστευμένα εργαστήρια, εγκεκριμένα για τις δοκιμές που αναφέρονται στην προδιαγραφή. Αυτά μπορεί να είναι ανεξάρτητα ή βιομηχανικά εργαστήρια, εργαστήρια μέλη του ΕΟΤΑ και πανεπιστημιακά. Τα αποτελέσματα δοκιμών από εργαστήρια μέλη του ΕΟΤΑ, ή εργαστήρια που είναι διαπιστευμένα για τις συγκεκριμένες δοκιμές γίνονται αποδεκτά χωρίς περαιτέρω πληροφόρηση. Εάν το εργαστήριο βρίσκεται σε άλλη κατηγορία, τότε είναι απαραίτητος ο έλεγχος από επίσημο φορέα για την πιστοποίηση καλής λειτουργίας του εργαστηρίου.

¹⁰ ETAG- European Technical Approval Guideline

¹¹ Περισσότερες πληροφορίες στο ETAG004

Τα δοκίμια της τεχνικής λύσης κατασκευάζονται στον χώρο του εργαστηρίου, υπό την εποπτεία του προσωπικού, και με καταγραφή των διαδικασιών. Οι δοκιμές που εκτελούνται καλύπτουν τις έξι βασικές απαιτήσεις του CPD (βλ. παρ.3.1). Η κάθε μία βασική απαίτηση περιλαμβάνει μία σειρά από δοκιμές (βλέπε Πίνακα 3) που διεξάγονται με μία συγκεκριμένη μεθοδολογία και σύμφωνα με προδιαγραφές (ISO, DIN, EN η άλλο), όπου καταγράφεται το αποτέλεσμα και συγκρίνεται με τις ελάχιστες απαιτήσεις που προδιαγράφονται στο ETAG004. Βάσει αυτών των αποτελεσμάτων το σύστημα βαθμολογείται ως προς τις ιδιότητές του και πιστοποιείται με την έκδοση μιάς ETA, εφόσον βέβαια κριθεί επαρκές.

3.4 Αποτελέσματα εργαστηριακών δομικών στο σύστημα Kelyfos

Το σύστημα KELYFOS είναι πιστοποιημένο από το διαπιστευμένο γερμανικό εργαστήριο MPA με βάση τις απαιτήσεις της οδηγίας ETAG004 για συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης. Με βάση τις επίσημες δοκιμές, έχει αποκτήσει πιστοποίηση από τον ανεξάρτητο κρατικό γερμανικό φορέα DIBt (μέλος EOTA) του Βερολίνου. Η πιστοποίηση έχει ανακοινωθεί στην ιστοσελίδα του EOTA, www.eota.be με αριθμό πιστοποίησης ETA 06/0252.

Οι δοκιμές που έλαβαν χώρα στο σύστημα Kelyfos και που οδήγησαν στην απόκτηση της ETA, είναι,

- Μέτρηση θερμικής Αντίστασης (m^2K/W)
- Απορρόφηση ύδατος με εμβάπτιση (kg/m^2)
- Ελαστικότητα σε διάτμηση (MPa)
- Αντοχή σε διάτμηση (MPa)
- Πυραντίσταση (κλάση A1-F)
- Υδατο-απορροφητικότητα (kg/m^2)
- Υγροθερμική Συμπεριφορά(Οπτικός Έλεγχος)
- Ψύξη / Απόψυξη Αντοχή (Οπτικός Έλεγχος)
- Αντίσταση σε κρούση (3 Joules, 10 Joules)
- Δύναμη πρόσφυσης μεταξύ τοίχου και κόλλας (MPa)
- Δύναμη πρόσφυσης μεταξύ θερμομονωτικού υλικού και κόλλας(MPa)

- Δύναμη πρόσφυσης μεταξύ θερμομονωτικού υλικού και βασικού επιχρίσματος (MPa)
- Δύναμη πρόσφυσης έπειτα από τεχνητή γήρανση(MPa)
- Διαπερατότητα του επιχρίσματος σε υδρατμούς

Τα αποτελέσματα των δοκιμών¹², ξεπερνούν κατά πολύ τις ελάχιστες απαιτήσεις της προδιαγραφής με αποτελέσματα που κυμαίνονται μεταξύ τρεις έως δώδεκα φορές καλύτερες από την ελάχιστη απαίτηση συμπεριφοράς.

4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΟΦΕΛΟΣ

Στατιστικά αναφέρεται ότι:

- Το αρχικό κόστος της εγκατάστασης ενός συστήματος θέρμανσης μειώνεται σημαντικά με τη θερμομόνωση. Σε μία πολυκατοικία, είναι δυνατή η εξοικονόμηση έως 17.5%.
- Σε συνηθισμένες πολυκατοικίες, με μια αύξηση 3% των κτιριακών δαπανών για θερμομόνωση, επιτυγχάνεται 30% εξοικονόμηση στα καύσιμα και ο χρόνος απόσβεσης της επιπλέον δαπάνης υπολογίζεται από 4 έως 8 χρόνια.
- Η επιπλέον αυτή δαπάνη δεν πρέπει να είναι περισσότερο από το 5% της συνολικής και τα αποτελέσματα σε εξοικονόμηση ενέργειας είναι σημαντικά, λαμβάνοντας υπόψη τα σημερινά οικονομικά δεδομένα.
- Στην περίπτωση κτιρίου που δεν είναι θερμομονωμένο, τα έξοδα της θέρμανσης υπερβαίνουν τα έξοδα κατασκευής, μετά τη πάροδο μερικών δεκαετιών.¹³

Επίσης, μελέτη που έχει διεξαχθεί στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, έχει δείξει ότι, η πρόσθετη αρχική δαπάνη για εξωτερική θερμομόνωση μπορεί να αποσβεστεί σε λιγότερο από 5 χρόνια από την εξοικονόμηση δαπανών για θέρμανση/ψύξη.¹⁴

¹² Τα αποτελέσματα των δοκιμών του συστήματος kelyfos όπως προκύπτουν από το εργαστήριο MPA της Γερμανίας, φαίνονται στον πίνακα 4, στο παράρτημα.

¹³ “Οδηγός εξοικονόμησης Ενέργειας μέσω Θερμομόνωσης”, ΚΑΠΕ 1999.

¹⁴ Δημοσίευση Α. Παπαδόπουλος “Building & Environment 2007”

4.1 Μελέτη του ΚΑΠΕ για το Kelyfos

Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) μέτρησε εργαστηριακά το συντελεστή θερμικής διαπερατότητας δοκιμίων με KELYFOS και εν συνεχεία μελέτησε την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή του για κάθε μία κλιματική ζώνη της Ελλάδας¹⁵, σε κατοικία και σε ξενοδοχειακή μονάδα χωρίς θερμομόνωση. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στους πίνακες 1&2.

	Εξοικονόμηση για θέρμανση	Εξοικονόμηση για ψύξη	Συνολική εξοικονόμηση ενέργειας
A ΖΩΝΗ	28 - 31 %	48 - 49%	35 - 37%
B ΖΩΝΗ	33 - 35 %	46 - 48 %	36 - 39%
Γ ΖΩΝΗ	35 - 38 %	47 - 48 %	36 - 38%
Δ ΖΩΝΗ	39 - 41 %		39 - 41%

Πίνακας 1. Αποτελέσματα Εξοικονόμησης Ενέργειας για μονοκατοικία

	Εξοικονόμηση για θέρμανση	Εξοικονόμηση για ψύξη	Συνολική εξοικονόμηση ενέργειας
A ΖΩΝΗ	57- 60 %	27- 28%	44 - 47%
B ΖΩΝΗ	52 - 55 %	29 - 30 %	44 - 47%
Γ ΖΩΝΗ	49 - 52 %	24 - 25 %	45 - 48%
Δ ΖΩΝΗ	49 - 52 %		49 - 52%

Πίνακας 2. Αποτελέσματα Εξοικονόμησης Ενέργειας για Ξενοδοχειακή Μονάδα

¹⁵ Βλέπε Παράρτημα, εικόνα 4.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Τα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης αποδεικνύονται ως ο πιο αποτελεσματικός τρόπος μόνωσης ενός κτιρίου, έναντι άλλων μεθόδων μόνωσης. Σε υφιστάμενα κτίρια αποτελεί την πιο ελκυστική, ενίοτε και τεχνικά μοναδική εφικτή λύση, ενώ σε νέα κτίρια είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος εξάλειψης των θερμογεφυρών. Η εξοικονόμηση ενέργειας, μεταφράζεται σε όφελος για τον χρήστη, με μειωμένα έξοδα ψυξης / θέρμανσης, έως και 50% και σημαντικό οικονομικό κέρδος σε βάθος χρόνου, με ταυτόχρονη περιβαλλοντική αξία, χάρις στη μείωση αέριων ρύπων.

Η πιστοποίηση που φέρει ένα σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης, έχει ιδιαίτερη βαρύτητα, καθώς εγγυάται πως όλα τα παρελκόμενα που αποτελούν το σύστημα, συμπεριφέρονται με τρόπο που πληροί τις προδιαγραφές, εξασφαλίζοντας τις ελάχιστες απαιτήσεις εφαρμογής στο πεδίο. Ένα πιστοποιημένο σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης προσφέρει ολοκληρωμένη διασφάλιση ποιότητας, όπως άλλωστε και ο φορέας που το παρέχει, ο οποίος οφείλει να συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις αυτές με συνεχόμενη υποστήριξη του προϊόντος και την επίβλεψη σωστής τοποθέτησης στο πεδίο εφαρμογής.

Το σύστημα Kelyfos, πέρα από τη επίσημη πιστοποίηση και την υποστήριξη που παρέχει η Polykem, στο προϊόν, αξιοποιεί την εξηλασμένη πολυστερίνη της εταιρίας DOW με τις γνωστές και αποδεδειγμένες ιδιότητες: σταθερές μηχανικές ιδιότητες με κάτω του 1% υδατοαπορρόφηση και διακύμανση έως 2% του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ), για όλη τη διάρκεια ζωής του.

Ο όμιλος Polykem, σε συνεχόμενη συνεργασία με κρατικούς φορείς και πανεπιστήμια, διευρύνει την τεχνογνωσία της θερμομόνωσης, δημιουργώντας με ευθύνη και σεβασμό αποτελεσματικές λύσεις, στοχεύοντας στην ενημέρωση του τεχνικού κόσμου και διασφαλίζοντας μία καλύτερη ποιότητα στο χώρο των κατασκευών και του αστικού περιβάλλοντος.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Οδηγός Εφαρμογής Kelyfos, *Polykem 2007*
- Παρουσίαση Μηχανικών Kelyfos, *Polykem 2007*
- The provision of Data Assessments leading to ETA, Guidance Document 004, *edition 1999, EOTA*
- ETAG004, Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering, March 2004
- Guidance from the Group of Notified Bodies for the Construction Products Directive 89/106/EEC, *NB-CPD/SG21/07/050, Issue September 6, 2007*
- Life Cycle Assessment Study of High performance Thermal Insulation Systems for Domestic Buildings, *Ivo Mersiowsky, TuTech Integrated Management, Hamburg/Germany & Hermann Krähling, Solvay Management Support, Hanover/Germany*
- Οδηγία 2002/91/ΕΚ Του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16^{ης} Δεκεμβρίου 2002, *Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.*
- Plastics Energy and Greenhouse gas savings using rigid foam sheathing applied to exterior walls of single family residential housing – a case study, *American Plastics Council, Washington, DC*
- Module 1-BP Building Physics Basics, *DOW Building Solutions*
- Module 11 – SF Styrofoam Basics, *Dow Building Solutions*
- Μελέτες Θερμομόνωσης, *Δημήτρης Κατσαρέλης, Σελκα-4M, Τεκδοτική*
- Τεχνολογία Δομικών Υλικών, *Γ. Βιάζης, Αθήνα 2005*
- DOW Λύσεις δόμησης, *κατάλογος 2006*
- Κατασκευές από τοιχοποιία, *Φυλλίτσα Β. Καραντώνη, Αθήνα 2004*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 3. Σχέση Συστήματος και μεμονωμένων υλικών με βάση τις δοκιμές που απαιτούνται.

ER ETAG paragraph on product performance to be assessed Class, use category, criterion

1 --

2	6.1.2 SYSTEM	
	6.1.2.1 Reaction to fire	Euroclasses A1 to F
	6.2.2 INSULATION	
	6.2.2.1 Reaction to fire	Euroclasses A1 to F
3	6.1.3 SYSTEM	
	6.1.3.1 Water absorption (capillarity test)	Pass/fail
	6.1.3.2 Water tightness	
	6.1.3.2.1 Hygrothermal cycles	Pass/fail
	6.1.3.2.2 Freeze/thaw test	Pass/fail
		No performance determined option
	6.1.3.3 Impact resistance	
	6.1.3.3.1 Resistance to hard body impact	Use categories I, II, III
	6.1.3.3.2 Resistance to perforation	Use categories I, II, III
	6.1.3.4 Water vapour permeability	Declared value
	6.1.3.5 Release of dangerous substances	Indication of dangerous substances incl. concentration etc."No dangerous substances"
	6.2.3 INSULATION	
	6.2.3.1 Water absorption	Pass/fail
	6.2.3.2 Water vapour permeability	Declared value
4	6.1.4 SYSTEM	
	6.1.4.1 Bond strength	
	6.1.4.1.1 Bond strength between base coat and insulation	Pass/fail
	6.1.4.1.2 Bond strength between adhesive and substrate	Pass/fail
	6.1.4.1.3 Bond strength between adhesive and insulation	Pass/fail
	6.1.4.2 Fixing strength	
	6.1.4.2.1 Displacement test	Declared value No performance determined option
	6.1.4.3 Resistance to wind load	
	6.1.4.3.1 Pull-through of fixings	Declared value of characteristic resistance
	6.1.4.3.2 Static foam block test	

	6.1.4.3.3 Dynamic wind uplift test	
	6.2.4 INSULATION	
	6.2.4.1 Tensile strength perpendicular to the faces	Declared value
	6.2.4.2 Shear strength and shear modulus of elasticity	Declared value
	6.3.4 ANCHORS	
	6.3.4.1 Pull-out strength of anchors	Declared value No performance determined option
	6.4.4 PROFILES	
	6.4.4.1 Pull-through of fixings from profiles	Pass/fail
	6.5.4 RENDER	
	6.5.4.1 Render strip tensile test	Statement of crack width No performance determined option
5 - -		
6	6.1.6 SYSTEM	
	6.1.6.1 Thermal resistance	Declared value
	6.2.6 INSULATION	
	6.2.6.1 Thermal resistance	Declared value
Aspects of durability and serviceability	6.1.7 SYSTEM	
	6.1.7.1 Bond strength after ageing	Pass/fail
	6.6.7 REINFORCEMENT	
	6.6.7.1 Glass fibre mesh – Tearing strength and elongation	Pass/fail
	6.6.7.2 Metal lath or mesh	Pass/fail
	6.6.7.3 Other reinforcements	Pass/fail

Εικόνα 4. Κλιματικές Ζώνες Ελλάδα (ΚΑΠΕ)



Πίνακας 4. Αποτελέσματα των δοκιμών στο σύστημα Kelyfos, από το εργαστήριο MPA της Γερμανίας.

Εργαστηριακά Αποτελέσματα MPA			
Δοκιμή	Ελάχιστες Απαιτήσεις κατά ETAG004	Αποτελέσματα Kelyfos	Μονάδες
Freeze/Thaw	In Compliance with ETAG004	In Compliance with ETAG004	
Bond Strength(Base coat and Dow)	Initial state (≥0,08) Aft. Hygrothermal (≥0,08) Aft. Freeze/thaw (≥0,08)	4 Φορές καλύτερο από την ελάχιστη απαίτηση	Mpa
Bond Strength(adhesive & substrate)	Initial State (≥0,25) 2d immersion+2h drying (≥0,08) 2d immersion+7d drying (≥0,25)	8 φορές καλύτερο από την ελάχιστη απαίτηση	Mpa
Bond Strength (adhesive & Dow)	Initial State (≥0,08) 2d immersion+2h drying (≥0,03) 2d immersion+7d drying (≥0,08)	3 φορές καλύτερο από την ελάχιστη απαίτηση	Mpa
Bond Strength of Rendering After Aging (After Hygrothermal cycles) (Thermo+Primer+Acryl)	(≥0,08)	4 φορές καλύτερο από την ελάχιστη απαίτηση	Mpa
Water absorption(capillary test) Kelyfos Thermo	After 1h After 24 h Water Absorption Co-efficient*	In Compliance with ETAG004	Kg/m ² *Kg/(m ² h ^{1/2})
Water absorption(capillary test) Kelyfos Thermo / Kelyfos Fine (Thermo+Primer+Acryl)	After 1h After 24 h Water Absorption Co-efficient*	In Compliance with ETAG004	Kg/m ² *Kg/(m ² h ^{1/2})
Water Vapour Permeability (Equivalent air layer Thick.Sd) (Thermo+Primer+Acryl)	Maximum 2	12 φορές καλύτερο από την Ελάχιστη Απαίτηση	m
Water Vapour Permeability (diffusion) Resist. μ (DIN EN 12068) (Kelyfos Thermo/Kelyfos fine) (Thermo+Primer+Acryl)		25	-
Resistance to Hard Body Impact (ISO 7892) (Mean)	3 Joules(no cracks in base coat) 10 Joules (no cracks in base coat)	In Compliance with ETAG004 – Category II (best category for thin based renderings)	
Reaction to Fire(Reaction to fire-	-	B-s1-d0	

Smoke production- Flaming Droplets) (DIN EN 13823, DIN EN ISO 11925-2, DIN 4102-16)			
Water Retention Capability of Fresh Mortar		Kelyfos Thermo (98,5%) Kelyfos fine (95,3%)	
Density of fresh Mortar		Kelyfos Thermo (1611) Kelyfos Fine (1889)	Kg/m ³
Dry Extract (ETAG004, C.1.1) of the paste of finishing coat		Kelyfos Acryl Fine (20,7%) Kelyfos Acryl Décor (16,7%)	
Ash Content (ETAG004, C.1.3) of the paste of the finishing coat		Kelyfos Acryl Fine (89,7 M.-%)-Ash content 450 °C Kelyfos Acryl Fine (52,0 M.-%)-Ash content 900 °C Kelyfos Acryl Decor (91,0 M.-%)-Ash content 450 °C Kelyfos Acryl Decor (51,5 M.-%)-Ash content 900 °C	
ΔΟΚΙΜΕΣ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ STYROFOAM B-SL DOW			
Θερμική Αντίσταση M2K/W	I	45% πάνω από την ελάχιστη απαίτηση	-
Απορρόφηση ύδατος με εμβάπτιση	max I	44% καλύτερο από την ελάχιστη απαίτηση	kg/m2
Μέτρο ελαστικότητας σε διάτμηση	I	7 φορές καλύτερο από την ελάχιστη απαίτηση	Mpa